

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-135796

(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.Cl.

H04N 9/07

G02B 3/00

G02B 5/20

H01L 27/14

(21)Application number : 2000-325589

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 25.10.2000

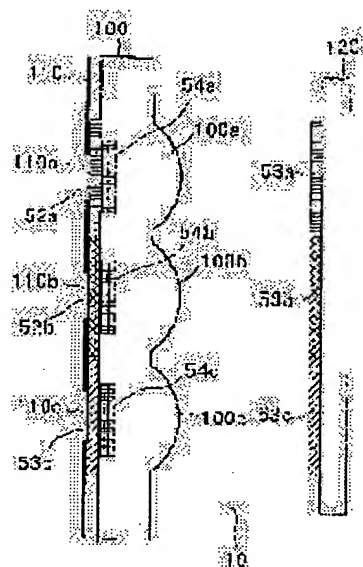
(72)Inventor : SUDA YASUO

(54) IMAGING APPARATUS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an imaging apparatus capable of obtaining color images with high sharpness by using an imaging optical system of short optical path length with simple configuration.

SOLUTION: The apparatus comprises two or more openings 52a, 52b, 52c to take in lights from the outside through different position and an imaging element 120 receiving respectively the lights captured from the openings 52a, 52b, 52c and having two or more imaging areas 53a, 53b, 53c to extract prescribed color components at every light from the outside gathered independently.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

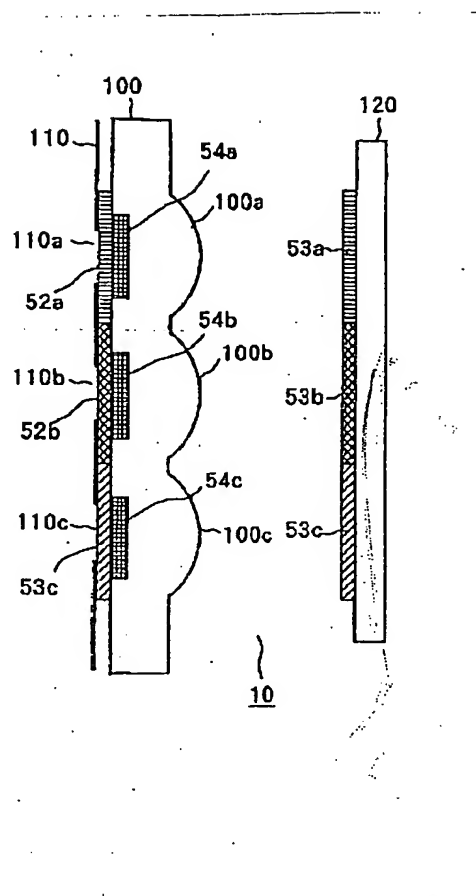
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[0052]

In the case where a lens unit 100a, representative wavelength 530nm: $r=-1.006\text{mm}$, a lens unit 100b, representative wavelength 620nm: $r=-0.998\text{mm}$, and a lens unit 100c, representative wavelength 450nm: -1.018mm , in order to take a balance among differences of image magnification ratios at a higher positions, an ideal shape for both sharpness and image magnification is obtained by slightly adjusting height vertexes of the lens units 100a, 100b and 100c. Further, an aspheric plane is used for each lens unit so as to favorably correct the field curvature. The distortion of the image may be corrected in a later signal processing. Accordingly, by obtaining a basic G image signal by an object beam including a wavelength of green 555nm that is the highest visibility and an image signal by an object beam of red and blue, and by setting a different focal length to a unit wavelength in image formation mechanism and a same focal length to a representative wavelength of each spectrum distribution, a better chromatic aberration corrected single lens by synthesizing these image signals can be obtained. Each image formation mechanism is made up of one image so that there is an effect that the image formation mechanism can be thinned. Further, while a combination of two lenses of different light dispersion is generally required for the achromatization, there is an effect that the single lens structure can reduce the cost.

[FIG. 1]



(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 4 N 9/07		H 0 4 N 9/07	F 2 H 0 4 8
G 0 2 B 3/00		G 0 2 B 3/00	D 4 M 1 1 8
5/20	1 0 1	5/20	A 5 C 0 6 5
H 0 1 L 27/14		H 0 1 L 27/14	1 0 1
			D
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 16 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-325589(P2000-325589)

(22) 出願日 平成12年10月25日 (2000. 10. 25)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 須田 康夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100076428

弁理士 大塚 康德 (外2名)

Fターム(参考) 2H048 BB02 BB08 BB46

4M118 AA05 AA10 AB01 BA10 BA14

FA06 GC01 GC08 GC11 GC14

GC15 GD02 GD03 GD04 GD07

5C065 AA03 BB48 CC01 DD01 EE06

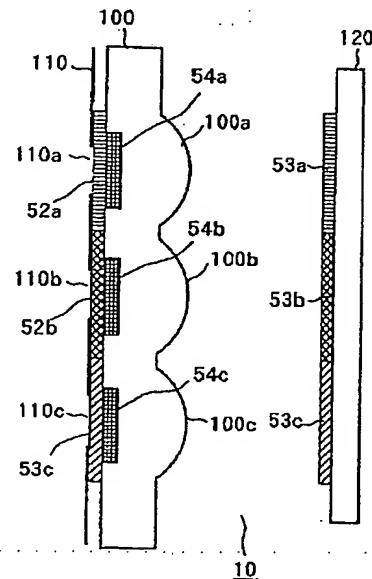
GG13 GG18

(54) 【発明の名称】 撮像装置

(57) 【要約】

【課題】簡単な構成で短い光路長の撮像光学系を用いて、鮮鋭度の高いカラー画像を得ることができる撮像装置を提供する。

【解決手段】外光を異なる位置から取り込むための複数の開口52a、52b、52cと、この複数の開口より取り込んだ外光をそれぞれ別個に受光し、その別個に受光する外光ごとに所定の色成分を抽出する複数の撮像領域53a、53b、53cを有する撮像素子120とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 外光を異なる位置から取り込むための複数の開口と、

前記複数の開口より取り込んだ外光をそれぞれ別個に受光し、該別個に受光する外光ごとに所定の色成分を抽出する複数の撮像手段と、を具備することを特徴とする撮像装置。

【請求項2】 前記複数の撮像手段は、前記開口から取り込んだ外光をそれぞれ結像させるための複数の光学系を備えることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項3】 前記複数の光学系は、それぞれ単レンズを備えることを特徴とする請求項2に記載の撮像装置。

【請求項4】 前記複数の光学系とは、3つの光学系であり、該3つの光学系に対応する3つの単レンズは、それぞれ、赤色光を透過させる光学フィルターと、緑色光を透過させる光学フィルターと、青色光を透過させる光学フィルターを備えることを特徴とする請求項3に記載の撮像装置。

【請求項5】 前記複数の光学系を構成する複数の単レンズは、ガラス材料又は樹脂材料を成形することにより一体的に形成されていることを特徴とする請求項3に記載の撮像装置。

【請求項6】 前記複数の単レンズを一体成形した成形体の、前記複数の単レンズの間の部位には、遮光膜が形成されていることを特徴とする請求項5に記載の撮像装置。

【請求項7】 前記複数の単レンズは、赤外線カットフィルターを備えることを特徴とする請求項3に記載の撮像装置。

【請求項8】 前記複数の撮像手段は、前記複数の開口のそれぞれに対応する複数の撮像領域を有する1つの撮像素子を備えることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【請求項9】 前記複数の撮像領域とは、3つの撮像領域であり、該3つの撮像領域は、それぞれ赤色光を透過させる光学フィルターと、緑色光を透過させる光学フィルターと、青色光を透過させる光学フィルターを備えることを特徴とする請求項8に記載の撮像装置。

【請求項10】 前記複数の撮像手段は、前記複数の開口に対応する複数の絞りを備えることを特徴とする請求項1に記載の撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタル電子スチルカメラまたはビデオムービカメラなどの固体撮像素子が適用された小型の撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】デジタルカラーカメラでは、リリースボタンの押下に連動して、CCDやCMOSセンサなどの固体撮像素子に被写界像を所望の時間露光し、これより

得られた1つの画面の静止画像を表わす画像信号をデジタル信号に変換して、YC処理などの所定の処理を施して、所定の形式の画像信号を得る。撮像された画像を表わすデジタルの画像信号は、それぞれの画像毎に、半導体メモリに記録される。記録された画像信号は、随時読み出されて表示または印刷可能な信号に再生され、モニタなどに出力されて表示される。

【0003】デジタルカラーカメラの技術の一つとして、特開平7-123418号公報の開示例が知られている。特開平7-123418号公報は予定結像面上の物体像を複数の再結像光学系で再結像し、それぞれの物体像を異なる分光透過率特性を有した光学フィルターを介して撮像するものである。限られた画素数の撮像素子を用いて高解像度のカラー画像を得るのに都合がよい。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、小型のデジタルカラーカメラにこの技術を応用しようすると、次のような問題がある。

(1) 再結像光学系を介して撮像素子上に物体像を形成しているために、全体の光路長が長く、カメラの小型化が困難である。

(2) 複数の再結像光学系のディストーションは1次結像光学系の光軸に対して線対称に発生するので、再結像光学系間でディストーションを揃えようとすると、再結像光学系の構成が極めて複雑となる。すなわち、各色の画像を完全に重なる形にするような光学系が得難い。

(3) さらに、各色の画像は1次結像光学系の瞳の一部分を通った光束で形成されるので、球面収差やコマ、像面湾曲等の光学諸収差も各撮像領域の中心に対して非対称に発生することとなり、合成したカラー画像に鮮鋭度の低下が生じやすい。

【0005】従って、本発明は上述した課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単な構成で短い光路長の撮像光学系を用いて、鮮鋭度の高いカラー画像を得ることができる撮像装置を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係わる撮像装置は、外光を異なる位置から取り込むための複数の開口と、前記複数の開口より取り込んだ外光をそれぞれ別個に受光し、該別個に受光する外光ごとに所定の色成分を抽出する複数の撮像手段と、を具備することを特徴としている。

【0007】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の撮像手段は、前記開口から取り込んだ外光をそれぞれ結像させるための複数の光学系を備えることを特徴としている。

【0008】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の光学系は、それぞれ単レンズを備えることを特徴としている。

【0009】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の光学系とは、3つの光学系であり、該3つの光学系に対応する3つの単レンズは、それぞれ、赤色光を透過させる光学フィルターと、緑色光を透過させる光学フィルターと、青色光を透過させる光学フィルターを備えることを特徴としている。

【0010】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の光学系を構成する複数の単レンズは、ガラス材料又は樹脂材料を成形することにより一体的に形成されていることを特徴としている。

【0011】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の単レンズを一体成形した成形体の、前記複数の単レンズの間の部位には、遮光膜が形成されていることを特徴としている。

【0012】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の単レンズは、赤外線カットフィルターを備えることを特徴としている。

【0013】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の撮像手段は、前記複数の開口のそれぞれに対応する複数の撮像領域を有する1つの撮像素子を備えることを特徴としている。

【0014】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の撮像領域とは、3つの撮像領域であり、該3つの撮像領域は、それぞれ赤色光を透過させる光学フィルターと、緑色光を透過させる光学フィルターと、青色光を透過させる光学フィルターを備えることを特徴としている。

【0015】また、この発明に係わる撮像装置において、前記複数の撮像手段は、前記複数の開口に対応する複数の絞りを備えることを特徴としている。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0017】(第1の実施形態)図17、図18、図19は本発明の第1の実施形態に係わるデジタルカラーカメラの全体構成を表す図である。図17は正面図、図18は裏面図、図19は図18の矢印Aの位置での断面図である。

【0018】図17、図18、図19において、1はカメラ本体、2はカラー液晶モニタ4の背後に位置し、白色拡散板よりなる照明光取り込み窓である。5はメインスイッチ、6はリリース釦、7、8、9は使用者がカメラの状態をセットするためのスイッチで、特に9は再生ボタンである。13は撮影可能な残り枚数の表示である。11はファインダー接眼窓であって、ファインダー前枠3からプリズム12に入射した物体光がここから射出する。10は撮像素子、14は外部のコンピュータ等に接続して、データの送受信をするため接続端子である。

【0019】信号処理系の概略構成を説明する。

【0020】図14は、信号処理系のブロック図であ

る。本カメラは、CCDあるいはCMOSセンサなどの固体撮像素子120を用いた単板式のデジタルカラーカメラであり、固体撮像素子120を連続的または単発的に駆動して動画像または静止画像を表わす画像信号を得る。ここで、固体撮像素子120とは、露光した光を各画素毎に電気信号に変換してその光量に応じた電荷をそれぞれ蓄積し、その電荷を読み出すタイプの撮像デバイスである。

【0021】なお、図面には本発明に直接関係ある部分のみが示されており、本発明に直接関係ない部分は図示とその説明を省略する。

【0022】図14に示すように、撮像装置は、撮像素子10と、画像処理手段であるところの画像処理系20と、記録再生系30と、制御系40とを有する。さらに、撮像素子10は、撮影レンズ100、絞り110および固体撮像素子120を含み、画像処理系20は、A/D変換器500、RGB画像処理回路210およびYC処理回路230を含み、記録再生系30は、記録処理回路300および再生処理回路310を含み、制御系40は、システム制御部400、操作検出部410および固体撮像素子駆動回路420を含む。

【0023】撮像素子10は、物体からの光を絞り110と撮影レンズ100を介して固体撮像素子120の撮像面に結像する光学処理系であり、撮影レンズの光透過率を調節して、適切な光量の被写体像を固体撮像素子120に露光する。前述のように、固体撮像素子120は、CCDやCMOSセンサなどの撮像デバイスが有効に適用され、固体撮像素子120の露光時間および露光間隔を制御することにより、連続した動画像を表わす画像信号、または一回の露光による静止画像を表わす画像信号を得ることができる。

【0024】図1は撮像素子10の詳細図である。まず、絞り110は図3に示すような3つの円形開口110a、110b、110cを有し、この各々から撮影レンズ100の光入射面100eに入射した物体光は、撮影レンズ100の3つのレンズ部100a、100b、100cから射出して固体撮像素子120の撮像面上に3つの物体像を形成する。絞り110と光入射面100eおよび固体撮像素子120の撮像面は平行に配置されている。このように、入射側のパワーを弱く、射出側のパワーを強くし、入射側に絞りを設けることで、像面の湾曲を少なくすることができる。なお、ここでは、撮影レンズ100の光入射面100eを平面としたが、3つの球面あるいは3つの回転対称非球面で構成しても良い。

【0025】3つのレンズ部100a、100b、100cは、撮影レンズ100を光射出側から見た図5に示すように円径の球面部を持ち、この球面部には670nm以上の波長域について低い透過率を持たせた赤外線カットフィルターが、また、ハッチングをかけて示した平面部100dには遮光性膜が形成されている。すなわ

ち、撮影光学系は撮影レンズ100と絞り110より成り、3つのレンズ部100a、100b、100cのそれぞれが結像系である。

【0026】撮影レンズ100をガラス製とする場合にはガラスモールド製法、樹脂製とする場合には射出成形を用いると製作上容易である。

【0027】図2は固体撮像素子120の正面図で、形成される3つの物体像に対応させて3つの撮像領域120a、120b、120cを備えている。撮像領域120a、120b、120cの各々は、縦横のピッチが $2.8\mu\text{m}$ の画素を 800×600 個配列してなる $2.24\text{mm}\times 1.68\text{mm}$ の領域であって、撮像領域全体の寸法は $2.24\text{mm}\times 5.04\text{mm}$ 、また、各撮像領域の対角寸法は 2.80mm となる。図において、51a、51b、51cは内部に物体像が形成されるイメージサークルである。イメージサークル51a、51b、51cは絞りの開口と撮影レンズ100の射出側球面部の大きさで決定される円形であり、イメージサークル51aと51b、および、イメージサークル51b、51cには互いに重なり合う部分が生じる。

【0028】図1に戻って、絞り110と撮影レンズ100に挟まれた領域のハッチングで示した部分52a、52b、52cは撮影レンズ100の光入射面100e上に形成された光学フィルターである。光学フィルター52a、52b、52cは撮影レンズ100を光入射側から見た図4で示すように、絞り開口110a、110b、110cを完全に含む範囲に形成されている。

【0029】光学フィルター52aは図6にGで示した主に緑色を透過する分光透過率特性を有し、光学フィルター52bはRで示した主に赤色を透過する分光透過率特性を有し、さらに、光学フィルター52cはBで示した主に青色を透過する分光透過率特性を有している。すなわち、これらは原色フィルターである。レンズ部100a、100b、100cに形成されている赤外線カットフィルターの特性との積として、イメージサークル51aに形成されている物体像は緑色光成分、イメージサークル51bに形成されている物体像は赤色光成分、イメージサークル51cに形成されている物体像は青色光成分によるものとなる。

【0030】一方、固体撮像素子120の3つの撮像領域120a、120b、120c上にもまた光学フィルター53a、53b、53cが形成され、これらの分光透過率特性もまた図6に示したものと同等である。つまり、撮像領域120aは緑色光(G)に対して、撮像領域120bは赤色光(R)に対して、撮像領域120cは青色光(B)に対して感度を持つ。

【0031】各撮像領域の受光スペクトル分布は瞳と撮像領域の分光透過率の積として与えられるため、瞳と撮像領域の組み合わせは波長域によって選択される。つまり、絞りの開口110aを通過した物体光は主に撮像領

域120aで光電変換され、絞りの開口110bを通過した物体光は主に撮像領域120bで光電変換され、さらに、絞りの開口110cを通過した物体光は主に撮像領域120cで光電変換される。すなわち、撮像領域120aはG画像を、撮像領域120bはR画像を、撮像領域120cはB画像を出力することになる。このように、撮像光学系の瞳と撮像素子に色分解のための光学フィルターを多重に使用すると、色純度を高めることができる。これは、同種の光学フィルターを2回通すと、透過特性が鋭く立ち上がるようになって赤色(R)と青色(B)のオーバーラップが無くなるためである。なお、各撮像領域での信号レベルが同一の蓄積時間でそれぞれ適切になるように、光学フィルター52a、52b、52cあるいは光学フィルター53a、53b、53cの透過率を設定すると良い。

【0032】画像処理系20は、固体撮像素子120の複数の撮像領域が、各々、前記複数の画像の一つから得た選択的光電変換出力に基づいてカラー画像を形成する。この際、比視感度のピーク波長は 555nm であるので、この波長を含むG画像信号を基準画像信号として信号処理を行う。

【0033】固体撮像素子の画素ピッチを固定して考えると、固体撮像素子上に例えば 2×2 画素を一組としたRGBカラーフィルターを形成して画素の一つ一つに波長選択性を付与し、これによって物体像をRGBの各画像に分離する一般のデジタルカラーカメラに採用されている方式と比較して、物体像の大きさが $1/\sqrt{3}$ になり、これに伴って撮影レンズの焦点距離はおおよそ $1/\sqrt{3}$ となる。したがって、カメラの薄型化に対して極めて有利である。

【0034】なお、光学フィルター52a、52b、52cと、光学フィルター53a、53b、53cの分光透過率特性は、図6に示したように、RとBはほぼ分離されているものの、RとGおよびGとBは互いにオーバーラップしている。

【0035】したがって、赤色光のイメージサークル51bが青色光を光電変換する撮像領域120cにかかっている、逆に、青色光のイメージサークル51cが赤色光を光電変換する撮像領域120bにかかっている、ところが、赤色光のイメージサークル51bが緑色光を光電変換する撮像領域120aにかかっている部分と、緑色光のイメージサークル51aが赤色光を光電変換する撮像領域120bにかかっている部分では、本来遮断すべき異なる波長の画像が僅かではあるが重畳してしまう。つまり、物体像の選択性は光学フィルター52aと光学フィルター53bの分光透過率特性の積と、光学フィルター52bと光学フィルター53aの分光透過率特性の積で与えられるため、R画像信号とG画像信号のクロストークは小さいものの、完全にはゼロにならない。

【0036】そこで、撮影レンズ100にはRとGのオーバーラップ部の波長域の透過率を低下させる特性をさらに持たせてある。これは色純度補正フィルタと呼ばれる光学フィルタ技術を用いればよい。

【0037】この色純度補正フィルタは、透明合成樹脂またはガラスから成る母材中に希土類の金属イオンを所定量含有させた光学フィルタである。

【0038】希土類の金属イオンとしては、ネオジウムイオン、プラセオジウムイオン、エルビウムイオン、ホルミウムイオン等の1種または2種以上が挙げられるが、少なくとも、ネオジウムイオンを必須イオンとして使用するのが好ましい。なお、これらのイオンとしては、通常3価のイオンが使用される。そして、金属イオンの含有量は、撮影レンズ100の母材の100質量部に対し、通常0.01~40質量部、好ましくは0.04~30質量部の範囲から選択される。

【0039】図7に示すように、色純度補正フィルタは、RGBの各色成分のうちピーク波長間の所定波長範囲の光を選択的に吸収してその透過量を低減する特性を有する。この作用によって、赤色光のイメージサークル51bが緑色光を光電変換する撮像領域120aにかかること、それから、緑色光のイメージサークル51aが赤色光を光電変換する撮像領域120bにかかることによるクロストークはほとんど生じなくなる。

【0040】さらに、撮影レンズ100には光により暗化し、光の照射をやめると可逆的に無色状態にもどる現象であるフォトリソミック特性を併せ持たせる。これは、固体撮像素子120の蓄積時間制御範囲が限られていることから、極めて被写界が明るい場合に固体撮像素子に到達する光量を抑え、撮影可能な輝度範囲を拡大するためである。

【0041】フォトリソミックガラスとしては、例えば、眼鏡用として実用化されているチャンスービルキンソン社製のリン酸塩系のフォトリソミックガラス（商品名：Reactolite Rapide）を用いるとよい。

【0042】図8は、撮影レンズ100に用いたフォトリソミックガラスの分光透過率特性を示す図であり、図8において実線が太陽光を20分照射した後の特性であり、破線が未照射の場合の特性を示したものである。晴天時の屋外等でカメラを持ち歩くと、絞り110から撮影レンズ100に入射した光束によって撮影レンズ100そのものが暗化し、固体撮像素子120に入射する光量を約1/2に抑えることができる。この結果、蓄積時間を2倍に伸ばすことが可能であって、高輝度側の制御限界を引き上げることになる。

【0043】各撮像領域120a、120b、120cの画面サイズは、前述のように画素ピッチ2.8μm、画素数800×600より、2.24mm×1.68mmであって、画面の対角寸法は2.80mmとなる。一般に、小型カメラの撮影画角θは対角方向に70°程度

とするのが最も使いやすい。撮影画角を70°とすると、画面の対角寸法から焦点距離が決定され、この場合は2.0mmとなる。

【0044】人物等を撮影対象とする場合は、ヒトの身長が170cm前後であることや、1から3人を一緒に写すことが多いことを根拠として、仮想被写体距離D[m]を撮影画角θ[°]の関数として式(1)のように定義することができる。

【0045】

$$D = 1.4 / \tan(\theta/2) \quad \dots (1)$$

式(1)のθに70°を代入すると、D=2.0mを得る。そこで、被写体距離2mの時に最良のピントを結ぶように撮像系10を構成するとすれば、無限遠位置からのレンズの繰り出しは0.002mmであり、後述する許容錯乱円径との関係からレンズ繰り出し機構のない固定焦点撮像光学系としても実用上全く問題はない。

【0046】また、空気中に置かれた平凸レンズの焦点距離fは、屈折率をn、球面の半径をrとして

$$f = \{1 / (1 - n)\} \cdot r \quad \dots (2)$$

で表すことができる。したがって、仮に、撮影レンズ100の屈折率nを1.5とすれば、2.0mmの焦点距離を得るrは1.0mmとなる。

【0047】赤色、緑色、青色の各物体像について、像の大きさを揃えておくとの後の信号処理で像倍率補正を行う必要がないので処理時間を伸ばすことがなく都合がよい。このため、RGB光学フィルタの透過光のピーク波長530nm、620nm、450nmについてレンズ部100a、100b、100cを最適化し、各像倍率を一定に設定する。これは各レンズ部の主点位置から固体撮像素子までの距離を一律にすることで、近軸的には実現できる。

【0048】d線(587.6nm)の屈折率nd=1.5、アッペ数nd=60のガラスの場合、波長530nm、620nm、450nmにおける屈折率は、それぞれ1.503、1.499、1.509程度である。仮に、レンズ部100a、100b、100cの球面の半径rが均一に1.0mmとすると、これらの波長における焦点距離は式(2)により次のようになる。

【0049】レンズ部100a 代表波長530nm:

$$1.988\text{mm}$$

レンズ部100b 代表波長620nm: 2.004mm

レンズ部100c 代表波長450nm: 1.965mm

画素ピッチから許容錯乱円径を3.0μmとし、さらに、撮影レンズのFナンバーをF5.6と仮定すれば、これらの積で表される焦点深度は16.8μmとなり、620nmと450nmの焦点距離の差0.039mmはすでにこれを越えていることが分かる。すなわち、近軸的な像倍率だけはそろっているが、被写体の色によ

てはピン트가合わない。通常、物体の分光反射率は、広い波長域にまたがっているので、一般にシャープなピン트가得られることは極めて稀である。

【0050】そこで、レンズ部100a、100b、100cの球面の半径 r を各代表波長毎に最適化する。す

$$r = (1 - n) f$$

式(3)に $f = 2.0$ と順次 $n = 1.503$ 、 $n = 1.499$ 、 $n = 1.509$ を代入し、各半径を算出すると、次のようになる。

【0052】レンズ部100a 代表波長530nm:
 $r = -1.006\text{mm}$

レンズ部100b 代表波長620nm: $r = -0.998\text{mm}$

レンズ部100c 代表波長450nm: $r = -1.018\text{mm}$

像高の高い位置での像倍率差のバランスを取るために、レンズ部100a、100b、100cの頂点高さを僅かに調整すれば、シャープネスと像倍率の両者に関して理想的な形状となる。さらには、各レンズ部に非球面を用いて、像面湾曲を良好に補正する。像の歪曲については後の信号処理で補正すればよい。このように、視感度が最も高い緑色555nmの波長を含む物体光による基準G画像信号と、赤色と青色の物体光による画像信号とをそれぞれ得て、結像系に単一の波長については異なる焦点距離を、各スペクトル分布の代表波長については略同一の焦点距離を設定すれば、これらの画像信号を合成することにより良好に色収差の補正されたカラー画像を得ることができる。各結像系は1枚構成であるので、撮像系を薄型化する効果もある。また、通常、色消しは分散の異なる2枚のレンズの組み合わせが必要であるのに対し、1枚構成であることによるコストダウンの効果もある。

【0053】撮影レンズ100には画素ピッチと同レベルまでの高い空間周波数帯域まで高コントラストの解像が求められる。撮像系10は波長域別の3つの物体像を取り込むことから、ベイヤー配列等のモザイク状光学フィルターを備えた同一画素数の撮像系と比較したとき、前述のように約 $1/\sqrt{3}$ の焦点距離で同じ撮影画角となる。したがって、より高い空間周波数成分の高コントラストな解像を実現しなくてはならない。前述した各レンズ部の波長別最適化はこのための色収差抑制技術である。

【0054】一般に、撮影光学系の収差特性を改善して偽解像を生じにくくし、問題を軽減する方法には、

- (1) 構成レンズの枚数を増やす、非球面化する、異常分散ガラスを用いる、回折光学素子を複合的に用いる、といった幾つかの手法を用いて設計自由度を増す、
- (2) 結像光束を絞る、という2通りがある。

【0055】(1)の設計自由度を増やす方向性は、焦点距離が $1/\sqrt{3}$ になったにもかかわらず撮影光学系の

なわち、ここでは可視域全体の色収差を除去する色消しを行わず、レンズ毎に波長別の設計を適用する。まず、式(2)を変形して、式(3)を得る。

【0051】

…(3)

構成を複雑化することになって、撮影装置の薄型化に逆行することになるので適切でない。一方、(2)の細い光束を用いる方向性は薄型の撮影装置との整合性が良い。

【0056】結像光束を絞ると、OTFと呼ばれるレスポンス関数は図10の実線(b)で示すように低周波成分において緩やかに単調減少し、その後僅かに負の値をとったあと再び僅かに正の値をとる特性となる。一方、結像光束を絞らずに太い光束を用いる場合は図10の破線(a)で示すように低周波成分において急速に減少したあと、いったん負の値をとり、また正の値をとる特性となる。

【0057】OTFが負の値をとる状態が偽解像の発生を表し、実際の画像では白い部分が黒くなり反対に黒い部分が白くなる、ネガポジ反転現象が発生している状態に相当する。したがって、結像光束を絞った方が自然な画像が得られることが分かる。

【0058】ところが、極端に光束を絞り込むと、今度は光の回折の影響によって逆に高周波域のコントラストの低下が発生する。このような状況では、点像は中心の輝点とその周りを何重かに取り囲む回折縞とで構成されている。この原因はよく知られているように、絞り開口の縁から発する周辺波による回折縞の強度が相対的に増すためである。

【0059】回折縞を減らすには、中央部が透明で周辺に行くにしたがって濃度が大きくなるフィルターを撮影レンズに付加すればよい。この手法はアボダイゼーションと呼ばれ、光学技術ハンドブック増補版(昭和50年、朝倉書店)の172ページから174ページに詳しく述べられている。

【0060】図9は撮影レンズ100の光入射面100e上であって、絞り開口110a、110b、110cに対向する位置に設けた透過率分布型フィルターの透過率分布を表す図である。透過率分布型フィルターは図10の54a、54b、54cで示され、透過率が最も高い位置は絞り開口110a、110b、110cの中心に一致し、透過率がゼロになる位置は絞り開口110a、110b、110cの縁に一致させてある。すなわち、透過率分布は絞りの中心で最も高く、中心から離れるほど単調に減少する。

【0061】透過率分布型フィルターは撮影レンズ100の光入射側に、インコネル、クロメル、クローム等の薄膜を蒸着またはスパッタリングすることによって形成する。薄膜の厚さを中央部が最も薄く、周辺部が最も厚

くなるようにすることによって、図9に示した特性を得ることが可能である。なお、こういった薄膜の形成には蒸着またはスパッタリング過程における遮蔽物の位置制御を連続的に行う。

【0062】ここでは、透過率分布型フィルター54a、54b、54cを撮影レンズ上に形成したが、ガラス板上に形成して、撮影レンズ100の光入射側、あるいは光射出側に配置する構成であってもよい。

【0063】図11は点像の輝度分布を示す図である。図において波線(a)は絞り開口の透過率が一定の場合、実線(b)は絞り開口の透過率を中心から周辺にかけて低下させた場合である。(a)の特性に対し(b)の特性は点像の裾部分での跳ね返りが無く、明らかに良好な画像となっていることを示している。これが、アポダイゼーションで周辺光束を減ずることによる回折減低効果の現れである。

【0064】次に、撮影レンズと撮像領域の位置関係について述べる。撮像系は3つのレンズ部を有するために、被写体距離に応じて3つの物体像の位置が相対的に変化する。前述のように各撮像領域は $2.24\text{mm} \times 1.68\text{mm}$ であって、これらは長辺を接するように隣接して配置されている。したがって、隣り合う撮像領域の中心間隔は 1.68mm である。後述するYC処理回路230では、物体像の中心と撮像領域の中心が一致しているものとして信号処理を行う。仮想被写体距離2mにある物体像をこれと同じ間隔で撮像部上に形成するとすれば、図12に示すように撮影レンズ100のレンズ部100a、100b、100cの間隔を 1.6783mm に設定することになる。図において矢印55a、55b、55cは、撮影レンズ100の3つのレンズ部100a、100b、100cによる正のパワーを有する

$$\Delta Z = 1.68 \times (\alpha_L - \alpha_S) \times \Delta T \quad \dots (4)$$

ここで、 $\alpha_S = 0.26 \times 10^{-5}$ 、 $\Delta T = 20 [^\circ]$ 、さらに、撮影レンズ100を低融点ガラスで作成するとして $\alpha_L = 1.2 \times 10^{-5}$ とすると、 ΔZ は $0.00032 [\text{mm}]$ と算出される。これはG物体像とR物体像の間隔変化、および、R物体像とB物体像の間隔変化量である。

【0068】基準画像信号であるG物体像に対する変化としてB物体像を考えると、像の間隔は 1.68×2 であるため、像間隔変化量も $\Delta Z \times 2 = 0.00063$

$$A \times (\alpha_L - 0.26 \times 10^{-5}) \times 20 < 1/2 \cdot P \quad \dots (5)$$

なお、Aは像間隔、Pは画素ピッチである。

【0070】先程使用した撮影レンズ100の線膨張係数 $\alpha_L = 1.2 \times 10^{-5}$ は式(5)の関係を満足しているので、本カメラに最適な材料と言える。

【0071】また、物体距離や温度変化による像間隔の変動とは別に、固体撮像素子の撮像領域120a、120b、120cを相互に $1/2$ 画素ずらすことにより、少ない画素数で解像度を上げる画素ずらしという手法を

結像系を表す記号、矩形56a、56b、56cは撮像領域120a、120b、120cの範囲を表す記号、L1、L2、L3は結像系55a、55b、55cの光軸である。撮影レンズ100の光入射面は平面、光射出面となるレンズ部100a、100b、100cは球面であるので、各球心を通して光入射面100eに垂直な直線が光軸となる。

【0065】このとき、無限遠物体の像は図13に示すようにレンズ部100a、100b、100cと同一の間隔で形成されるため、G物体像とR物体像の間隔、および、R物体像とB物体像の間隔は 1.6783mm である。したがって、撮像領域の中心間隔 1.68mm よりも若干狭く、この差 ΔY は 0.0017mm すなわち $1.7\mu\text{m}$ である。また、最も視感度の高いG物体像を基準としてB物体像の移動を考えると、差 ΔY は2倍となり、 $3.4\mu\text{m}$ である。撮影画面の中央には人物等の近距離物体が位置し、画面の周辺に遠距離の物体が位置することが多いこと、さらに、画面の周辺では撮影レンズの収差が増大して画像性能が低下することから、最大像間隔変化が画素ピッチの2倍よりも小さければ、実用上の問題はないと言える。前述のように固体撮像素子120の画素ピッチPは $2.8\mu\text{m}$ であるので、 $\Delta Y < 2 \times P$ となり、この程度の無限遠像の色ズレは許容可能なレベルである。

【0066】さらに、撮像系10の温度変化によっても像間隔は変動する。固体撮像素子120の線膨張係数を α_S 、撮影レンズ100の線膨張係数を α_L 、温度変化を ΔT とすると、撮像系10は結像倍率が極めて小さいために、像間隔変化量 ΔZ は撮影レンズの伸びと個体撮像素子の伸びの差として、式(4)で表すことができる。

【0067】

[mm]となる。この像間隔をAとおくことにする。カメラの使用温度範囲を $0 \sim 40^\circ$ とすれば、基準温度 20° からの偏差 ΔT は 20° であって、このとき、 $\Delta Z \times 2$ が画素ピッチの $1/2$ よりも小さければ、実用上の問題はない。一般に、固体撮像素子120の線膨張係数 α_S は 0.26×10^{-5} 程度の小さい値をとるので、撮影レンズ100の線膨張係数 α_L を式(5)を満たすように選択する必要がある。

【0069】

用いる。 $1/2$ 画素ずらし量は仮想被写体距離2mに対して設定する。

【0072】図15に示すようにG画像信号用の撮像領域120aに対してR画像出力用の撮像領域120bとB画像出力用の撮像領域120cは水平方向および垂直方向に $1/2$ 画素ずつずらして配置されている。

【0073】この画素ずらしは、撮影レンズ100のレンズ部100bと100cをレンズ部100aに対して

僅かに偏心させることで実現しても、個体撮像素子120の撮像領域120bと120cを撮像領域120aに対して僅かに偏心させることで実現してもよい。

【0074】ベイヤ配列等の光学フィルター配列では、例えば緑色の光学フィルターを備えた画素の間には、赤色の光学フィルターを備えた画素や青色の光学フィルターを備えた画素が入り込むために、折り返し歪みを抑制する光学ローパスフィルターが必要である。ところが、このようにスペクトル分布の異なる画像を撮像領域別に取り込むように構成すると、それぞれの光学フィルターを備えた画素を密に配列することができ、その結果、折り返し歪みの影響は小さく光学ローパスフィルターを必要とせずに高精細な画像を得ることができる。したがって、撮像系の小型化とコストの大幅な削減が可能である。

【0075】次に、信号処理について説明する。

【0076】前述のように固体撮像素子120は、長辺方向に1800画素、短辺方向にそれぞれ800画素の合計144万の画素数を有する撮像デバイスが有効に適用されて、その前面には赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の3原色の光学フィルターが所定の領域毎に配置されている。

【0077】図14に表すように、固体撮像素子120から読み出された画像信号は、それぞれA/D変換器500を介して画像処理系20に供給される。A/D変換器500は、たとえば、露光した各画素の信号の振幅に応じた、たとえば10ビットのデジタル信号に変換して出力する信号変換回路であり、以降の画像信号処理はデジタル処理にて実行される。

【0078】画像処理系20は、R、G、Bのデジタル信号から所望の形式の画像信号を得る信号処理回路であり、R、G、Bの色信号を輝度信号Yおよび色差信号(R-Y)、(B-Y)にて表わされるYC信号などに変換する。

【0079】RGB画像処理回路210は、A/D変換器500を介して固体撮像素子120から受けた180

0×800画素の画像信号を処理する信号処理回路であり、ホワイトバランス回路、ガンマ補正回路、補間演算による高解像度化を行う補間演算回路を有する。

【0080】YC処理回路230は、輝度信号Yおよび色差信号R-Y、B-Yを生成する信号処理回路である。高域輝度信号YHを生成する高域輝度信号発生回路、低域輝度信号YLを生成する低域輝度信号発生回路、および、色差信号R-Y、B-Yを生成する色差信号発生回路で構成されている。輝度信号Yは高域輝度信号YHと低域輝度信号YLを合成することによって形成される。

【0081】RGB画像処理回路210の詳細を説明する。

【0082】A/D変換器500を介してR、G、B領域毎に出力されたRGB信号は、まず、RGB画像処理回路210内のホワイトバランス回路にてそれぞれ所定の白バランス調整が行なわれ、さらに、ガンマ補正回路にて所定のガンマ補正が行なわれる。

【0083】RGB画像処理回路210内の補間演算回路は、600×800画素の4倍の解像度の画像信号を補間処理によって生成し、固体撮像素子120からの画像信号を高精細画質の信号に変換して、後段の高域輝度信号発生回路、低域輝度信号発生回路、色差信号発生回路に供給する。

【0084】RGB各物体像の大きさは撮影レンズ100の設定によって、すでに同一になっているので、まず、公知の手法によって撮影光学系の歪曲収差を補正する演算処理を各画像信号について行う。その後の、補間処理や輝度信号処理、色差信号処理は通常のデジタルカラーカメラでの処理に準じたものとなる。補間処理は次に示すとおりである。

【0085】まず、基準画像信号である撮像領域120aからのG画像信号を、次式(6)～(9)にてそれぞれ補間演算する。

【0086】

$$G_{2i2j} = G_{ij} \quad \dots (6)$$

$$G_{2i(2j+1)} = G_{ij} \cdot 1/2 + G_{i(j+1)} \cdot 1/2 \quad \dots (7)$$

$$G_{(2i+1)2j} = G_{ij} \cdot 1/2 + G_{(i+1)j} \cdot 1/2 \quad \dots (8)$$

$$G_{(2i+1)(2j+1)} = G_{ij} \cdot 1/4 + G_{i(j+1)} \cdot 1/4 + G_{(i+1)j} \cdot 1/4 + G_{(i+1)(j+1)} \cdot 1/4 \quad \dots (9)$$

これにより、図16に示すようにそれぞれ4個のG画素から16個のG画素が生成されて、撮像領域120aからの600×800画素のG画像信号が1200×1600画素に変換される。

【0087】次に、上式(6)～(9)にて求めたG画

$$R_{2i2j} = R_{(i-1)(j-1)} \cdot 1/4 + R_{(i-1)j} \cdot 1/4 + R_{i(j-1)} \cdot 1/4 + R_{ij} \cdot 1/4 \quad \dots (10)$$

$$R_{2i(2j+1)} = R_{(i-1)j} \cdot 1/2 + R_{ij} \cdot 1/2 \quad \dots (11)$$

$$R_{(2i+1)2j} = R_{i(j-1)} \cdot 1/2 + R_{ij} \cdot 1/2 \quad \dots (12)$$

画像信号のそれぞれの位置に対応して撮像領域120bからのR画素出力を次式(10)～(13)にて補間演算する。

【0088】

$$R(2i+1)(2j+1) = R_{ij}$$

前述のようにR物体像の撮像領域とB物体像の撮像領域はG物体像の撮像領域に対して1/2画素だけずらした配置になっているため、式(13)のようにij番地の元出力を(2i+1)(2j+1)番地に適用している。

【0089】同様に、R画素と同様に撮像領域120c

$$B_{2i2j} = B(i-1)(j-1) \cdot 1/4 + B(i-1)j \cdot 1/4 + Bi(j-1) \cdot 1/4 + Bij \cdot 1/4$$

$$\dots (14)$$

$$B_{2i(2j+1)} = B(i-1)j \cdot 1/2 + Bij \cdot 1/2$$

$$\dots (15)$$

$$B(2i+1)2j = Bi(j-1) \cdot 1/2 + Bij \cdot 1/2$$

$$\dots (16)$$

$$B(2i+1)(2j+1) = Bij$$

$$\dots (17)$$

以上の処理により、撮像領域120a、120b、120cからの各600×800画素のRGB信号が高精細画質の1200×1600画素のRGB信号に変換される。

【0091】YC処理回路230内の高域輝度信号発生回路は、色成分信号の中で最も高い空間周波数成分を有する色信号から高域輝度信号YHを形成する公知の信号形成回路である。低域輝度信号発生回路は、R、G、Bすべての色成分を含む信号から低域周波数の輝度信号YLを形成する公知の信号形成回路である。また、色差信号発生回路は、高精細のRGB信号から色差信号R-Y、B-Yを演算する公知の演算回路である。

【0092】記録再生系30は、メモリへの画像信号の出力と、液晶モニタ4への画像信号の出力とを行う処理系であり、メモリへの画像信号の書き込みおよび読み出し処理を行なう記録処理回路300と、メモリから読み出した画像信号を再生して、モニタ出力とする再生処理回路310を含む。より詳細には、記録処理回路300は、静止画像および動画像を表わすYC信号を所定の圧縮形式にて圧縮し、また、圧縮データを読み出した際に伸張する圧縮伸張回路を含む。圧縮伸張回路は、信号処理のためのフレームメモリなどを含み、このフレームメモリに画像処理系20からのYC信号をフレーム毎に蓄積して、それぞれ複数のブロック毎に読み出して圧縮符号化する。圧縮符号化は、たとえば、ブロック毎の画像信号を2次元直交変換、正規化およびハフマン符号化することにより行なわれる。

【0093】再生処理回路310は、輝度信号Yおよび色差信号R-Y、B-Yをマトリックス変換してたとえばRGB信号に変換する回路である。再生処理回路310によって変換された信号は液晶モニタ4に出力され、可視画像が表示再生される。

【0094】一方、制御系40は、外部操作に連動して撮像系10、画像処理系20、記録再生系30をそれぞれ制御する各部の制御回路を含み、リリースボタン6の押下を検出して、固体撮像素子120の駆動、RGB画像処理回路210の動作、記録処理回路300の圧縮処理などを制御する。具体的には、リリースボタン6の操作を検出する操作検出回路410と、その検出信号に連

$$\dots (13)$$

動して各部を制御し、撮像の際のタイミング信号などを生成して出力するシステム制御部400と、このシステム制御部400の制御の下に固体撮像素子120を駆動する駆動信号を生成する固体撮像素子駆動回路420とを含む。

【0090】

【0095】次に、本実施例による撮像装置の動作を説明する。

【0096】まず、メインスイッチ5をオンとすると、各部に電源電圧が供給されて動作可能状態となる。次に、メモリに画像信号を記録可能か否かが判定される。この際に、残り容量に応じて撮影可能記録枚数が液晶モニタ4の残り枚数表示13に表示される。その表示を見た操作者は、撮影可能であれば、被写界にカメラを向けて、リリースボタン6を押下する。

【0097】リリースボタン6を半分だけ押下すると、露光時間の算出が行なわれる。すべての撮影準備処理が終了すると、撮影可能となり、その表示が撮影者に報じられる。これにより、リリースボタン6が終端まで押下されると、操作検出回路410はシステム制御回路400にその検出信号を送出する。その際に、あらかじめ算出された露光時間の経過をタイムカウントして、所定の露光時間が経過すると、駆動回路420にタイミング信号を供給する。これにより、駆動回路420は水平および垂直駆動信号を生成して露光された1600×800画素のそれぞれを水平および垂直方向に順次読み出す。

【0098】読み出されたそれぞれの画素は、A/D変換器500にて所定のビット値のデジタル信号に変換されて、画像処理系20のRGB画像処理回路210に順次供給される。RGB画像処理回路210では、これらをそれぞれホワイトバランス、ガンマ補正を施した状態にて画素の解像度を4倍にする補間処理を行なって、YC処理回路230に供給する。

【0099】YC処理回路230では、その高域輝度信号発生回路にて、RGBそれぞれの画素の高域輝度信号YHを生成し、同様に、低域輝度信号発生回路にて低域輝度信号YLをそれぞれ演算する。演算した結果の高域輝度信号YHは、ローパス・フィルタを介して加算器に出力される。同様に、低域輝度信号YLは、高域輝度信号YHが減算されてローパス・フィルタを通して加算器

に出力される。これにより、高域輝度信号YHとその低域輝度信号との差 $Y_L - Y_H$ が加算されて輝度信号Yが得られる。同様に、色差信号発生回路では、色差信号 $R - Y$ 、 $B - Y$ を求めて出力する。出力された色差信号 $R - Y$ 、 $B - Y$ は、それぞれローパス・フィルタを通った成分が記録処理回路300に供給される。

【0100】次に、YC信号を受けた記録処理回路300は、それぞれの輝度信号Yおよび色差信号 $R - Y$ 、 $B - Y$ を所定の静止画圧縮方式にて圧縮して、順次メモリに記録する。

【0101】メモリに記録された静止画像または動画像を表わす画像信号からそれぞれの画像を再生する場合には、再生ボタン9を押下すると操作検出回路410にてその操作を検出して、システム制御部400に検出信号を供給する。これにより記録処理回路300が駆動される。駆動された記録処理回路300は、メモリから記録内容を読み取って、液晶モニタ4に画像を表示する。操作者は、所望の画像を選択ボタンなどの押下により選択する。

【0102】(第2の実施形態)第1の実施形態とは、撮影レンズと撮像領域の位置関係を異ならせた第2の実施形態の撮像系について説明する。

【0103】図20は撮像系890の詳細図である。まず、絞り810は図23に示すような4つの円形開口810a、810b、810c、810dを有し、この各々から撮影レンズ800の光入射面800eに入射した物体光は、撮影レンズ800の4つのレンズ部800a、800b、800c、800dから射出して固体撮像素子820の撮像面上に4つの物体像を形成する。絞り810と光入射面800eおよび固体撮像素子820の撮像面は平行に配置されている。ここでは、撮影レンズ800の光入射面800eを平面としたが、4つの球面あるいは4つの回転対称非球面で構成しても良い。

【0104】4つのレンズ部800a、800b、800c、800dは、撮影レンズ800を光射出側から見た図22に示すように円径の球面部を持ち、この球面部には670nm以上の波長域について低い透過率を持たせた赤外線カットフィルタが、また、ハッチングをかけて示した平面部800fには遮光性膜が形成されている。すなわち、撮影光学系は撮影レンズ800と絞り810より成り、4つのレンズ部800a、800b、800c、800dのそれぞれが結像系である。

【0105】図24は固体撮像素子820の正面図で、形成される4つの物体像に対応させて4つの撮像領域820a、820b、820c、820dを備えている。撮像領域820a、820b、820c、820dの各々は、縦横のピッチが $2.8\mu\text{m}$ の画素を 800×600 個配列してなる $2.24\text{mm} \times 1.68\text{mm}$ の領域であって、撮像領域全体の寸法は中央にある撮像領域の分離帯の寸法 0.3mm を含んで $4.78\text{mm} \times 3.36$

mm、また、各撮像領域の対角寸法は 2.80mm となる。図において、851a、851b、851c、851dは内部に物体像が形成されるイメージサークルである。イメージサークル851a、851b、851c、851dの形状は絞りの開口と撮影レンズ800の射出側球面部の大きさで決定される円形であり、イメージサークル851a、851b、851c、851dには互いに重なり合う部分が生じる。

【0106】図20に戻って、絞り810と撮影レンズ800に挟まれた領域のハッチングで示した部分852a、852bは撮影レンズ800の光入射面800e上に形成された光学フィルタである。撮影レンズ800を光入射側から見た図21に示すように、光学フィルタ852a、852b、852c、852dが絞り開口810a、810b、810c、810dを完全に含む範囲に形成されている。

【0107】光学フィルタ852aと852dは図6にGで示した主に緑色を透過する分光透過率特性を有し、光学フィルタ852bはRで示した主に赤色を透過する分光透過率特性を有し、さらに、光学フィルタ852cはBで示した主に青色を透過する分光透過率特性を有している。すなわち、これらは原色フィルタである。レンズ部800a、800b、800c、800dに形成されている赤外線カットフィルタの特性との積として、イメージサークル851aと851dに形成されている物体像は緑色光成分、イメージサークル851bに形成されている物体像は赤色光成分、イメージサークル851cに形成されている物体像は青色光成分によるものとなる。

【0108】一方、固体撮像素子820の4つの撮像領域820a、820b、820c、820d上にもまた光学フィルタ853a、853b、853c、853dが形成され、これらの分光透過率特性もまた図6に示したものと同等である。つまり、撮像領域820aと820dは緑色光(G)に対して、撮像領域820bは赤色光(R)に対して、撮像領域820cは青色光(B)に対して感度を持つ。

【0109】各撮像領域の受光スペクトル分布は瞳と撮像領域の分光透過率の積として与えられるため、瞳と撮像領域の組み合わせは波長域によって選択される。つまり、絞りの開口810aを通過した物体光は主に撮像領域820aで光電変換され、絞りの開口810bを通過した物体光は主に撮像領域820bで光電変換され、絞りの開口810cを通過した物体光は主に撮像領域820cで光電変換され、さらに、絞りの開口810dを通過した物体光は主に撮像領域820dで光電変換される。すなわち、撮像領域820aと820dはG画像を、撮像領域820bはR画像を、撮像領域820cはB画像を出力することになる。このように、撮像光学系の瞳と撮像素子に色分解のための光学フィルタを多重

使用すると、色純度を高めることができる。

【0110】なお、撮像領域間の分離帯は撮像領域820aと820dが何れもG画像信号を得ているので、この間にイメージサークルのオーバーラップが生じないようにするためのものである。

【0111】画像処理系20は、固体撮像素子820の複数の撮像領域が、各々、前記複数の画像の一つから得た選択的光電変換出力に基づいてカラー画像を形成する。この際、比視感度のピーク波長は555nmであるので、この波長を含むG画像信号を基準として信号処理を行う。G物体像は2つの撮像領域820aと820dに形成されるため、その画素数はR画像信号やB画像信号に比べて2倍となり、視感度の高い波長域で特に高精細な画像を得ることができるようになっている。

【0112】なお、この際、後述する物体距離や温度変化による像間隔の変動とは別に、固体撮像素子の撮像領域820aと820dを相互に上下左右に1/2画素ずらすことにより、少ない画素数で解像度を上げる画素ずらしという手法を用いる。1/2画素ずらし量は仮想被写体距離2mに対して設定する。

【0113】この画素ずらしは、撮影レンズ800のレンズ部800dをレンズ部800aに対して僅かに偏心させることで実現しても、個体撮像素子820の撮像領域820dを撮像領域820aに対して僅かに偏心させることで実現してもよい。

【0114】撮像系は4つのレンズ部を有するために、被写体距離に応じて4つの物体像の位置が相対的に変化する。前述のように各撮像領域は2.24mm×1.68mmであって、これらのうち2つずつは長辺を接するように隣接して配置され、この2組はさらに0.3mmの分離帯を隔てて並列している。したがって、隣り合う撮像領域の中心間隔は縦方向に1.68mm、横方向に2.54mmである。また、最も離れた撮像領域は対角方向に位置する撮像領域820aと820d、および、撮像領域820bと820cとなり、この距離は何れも3.045mmである。

【0115】後述するYC処理回路230では、物体像の中心と撮像領域の中心が一致しているものとして信号処理を行う。撮像領域820aと820dに注目して、仮想被写体距離2mにある物体像を撮像領域間隔と同じ3.045mmで撮像部上に形成するとすれば、図25に示すように撮影レンズ800のレンズ部800a、800dの間隔を3.0420mmに設定することになる。図において矢印855a、855dは、撮影レンズ800のレンズ部800a、800dによる正のパワーを有する結像系を表す記号、矩形856a、856dは撮像領域820a、820dの範囲を表す記号、L801、L802は結像系855a、855dの光軸である。撮影レンズ800の光入射面800eは平面、光射出面であるところのレンズ部800a、800dは球面

であるので、各球心を通して光入射面に垂直な直線が光軸となる。

【0116】このとき、無限遠物体の像は図26に示すようにレンズ部800a、800dと同一の間隔で形成されるため、G物体像同士の間隔は3.0420mmである。したがって、撮像領域の中心間隔3.045mmよりも若干狭く、この差 ΔY は0.0030mmすなわち3.0 μ mである。このようなG物体像同士の間隔変化は、解像度の低下として現れる。

【0117】また、撮像領域820bと820cに注目すれば、同様に ΔY は3.0 μ mとなって、この寸法だけ無限遠物体では色ズレが発生することになる。したがって、G物体像同士の間隔変化とR物体像とB物体像のズレという2つの問題について考慮しなければならない。

【0118】ただし、G物体像に対しては比視感度が高く僅かな解像度の低下でも認識可能であるため、まず、G物体像同士の間隔変化に注目して、これが許容できるレベルであれば、R物体像とB物体像のズレが問題になることはないと言える。

【0119】一般に、撮影画面の中央には人物等の近距離物体が位置し、画面の周辺に遠距離の物体が位置することが多いこと、さらに、画面の周辺では撮影レンズの収差が増大して画像性能が低下することから、G物体像同士の最大像間隔変化が画素ピッチの2倍よりも小さければ、実用上の問題はない。固体撮像素子820の画素ピッチPは2.8 μ mであるので、 $\Delta Y < 2 \times P$ となり、この程度の無限遠像の像間隔変化は許容可能なレベルであることが分かる。

【0120】したがって、R物体像とB物体像のズレも許容可能なレベルであって、この撮像系は実用上十分な性能を備えていると判定できる。

【0121】(第3の実施形態) 図27は撮像系の第3の実施形態を示す断面図である。撮像系890の絞り110、撮影レンズ100は第1の実施形態と同一である。

【0122】また、図28は固体撮像素子820の正面図で、固体撮像素子820上には図2に示した第1の実施形態と同様にイメージサークル51a、51b、51cが形成され、イメージサークル51aと51b、および、イメージサークル51b、51cには互いに重なり合う部分が生じる。

【0123】第1の実施形態とは異なって、撮像領域820a、820b、820cの上にはマイクロレンズ821が各画素の受光部(例えば822a、822b)毎に形成され、その代わり、緑色、赤色、青色を透過する光学フィルターが固体撮像素子820には形成されていない。なお、マイクロレンズの説明のために、撮像領域間の画素ずらしを省略して示した。

【0124】マイクロレンズ821は固体撮像素子82

0の受光部に対して偏心した配置をとり、その偏心量は各撮像領域820a、820b、820cの中央でゼロ、周辺に行くほど大きくなるように設定されている。また、偏心方向は各撮像領域820a、820b、820cの中央の点と各受光部を結ぶ線分の方である。

【0125】図29はこのマイクロレンズの作用を説明するための図で、撮像領域820aと撮像領域820bが接する位置にある受光部822a、822bを拡大して示した断面図である。受光部822aに対してマイクロレンズ821aは図の上方に偏心し、他方、受光部822bに対してマイクロレンズ821bは図の下方に偏心している。この結果、受光部822aに入射する光束は、823aとしてハッチングで示した領域に、受光部822bに入射する光束は、823bとしてハッチングで示した領域に限定される。

【0126】光束の領域823aと823bの傾斜方向は反対向きで、それぞれはレンズ部100aと100bに向かっている。したがって、マイクロレンズの偏心量を適切に選べば、各撮像領域へは特定の瞳を射出した光束だけが入射することになる。つまり、絞りの開口110aを通過した物体光は主に撮像領域820aで光電変換され、絞りの開口110bを通過した物体光は主に撮像領域820bで光電変換され、さらに、絞りの開口110cを通過した物体光は主に撮像領域820cで光電変換されるように偏心量を設定することができる。固体撮像素子820上には光学フィルターを設けてあるので、すなわち、撮像領域820aはG画像を、撮像領域820bはR画像を、撮像領域820cはB画像を出力することになる。

【0127】固体撮像素子の画素ピッチを固定して考えると、固体撮像素子上に例えば2×2画素を一組としたRGBカラーフィルターを形成して画素の一つ一つに波長選択性を付与し、これによって物体像をRGBの各画像に分離する一般のデジタルカラーカメラに採用されている方式と比較して、物体像の大きさが $1/\sqrt{3}$ になり、これに伴って撮影レンズの焦点距離はおおよそ $1/\sqrt{3}$ となる。したがって、カメラの薄型化に対して極めて有利である。

【0128】さらに、物体像のスペクトルに基づいて選択的に画像を光電変換する第1の実施形態では、互いにオーバーラップする波長域が広いシアン、マゼンタ、イエローの補色光学フィルターを使用することができなかったが、このようにマイクロレンズの偏心によって選択的に画像を光電変換するば、波長域のオーバーラップは無関係となり補色光学フィルターを使用することも可能である。補色光学フィルターを使用すると、原色フィルターに比べて固体撮像素子に到達する光量を増大させることができる。

【0129】また、このようにマイクロレンズの偏心によって画像を選択する場合には、光学フィルターを撮影

レンズ100の光入射面100dに設ける代わりに固体撮像素子820上に設けてもよい。光学フィルターの配置に関わらず、第1の実施形態の光学フィルターを2重に通す撮影光路や、第2の実施形態の偏光板を用いる撮影光路に比べ、光量的に極めて有利である。さらには、撮影レンズ100の光入射面100eと固体撮像素子820上の両方に設けて、画像のクロストークをさらに低減することも可能である。

【0130】

【他の実施形態】また、本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているオペレーティングシステム（OS）などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0131】さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0132】以上説明したように、外光を異なる位置から取り込むための複数の開口と、前記複数の開口より取り込んだ外光をそれぞれ別個に受光し、該別個に受光する外光ごとに所定の色成分を抽出する複数の撮像手段とを有することを特徴とする撮像装置により、次の効果が得られた。

【0133】（1）再結像系を必要としないために、短い光路長の撮像光学系を得ることができた。

【0134】（2）各色の画像のディストーションを揃えることが容易であるので、3眼あるいは4眼の1枚玉光学系といった極めて簡単な光学構成を得ることができた。

【0135】（3）各結像系が受け持つ波長域が狭いことから色収差が発生しにくく、色消しのために複数のレンズを組み合わせる必要がない。

【0136】（4）しかも、撮像領域の中心と各結像系

の光軸がほぼ一致しているために、非対称型の光学収差は発生せず、合成したカラー画像で高い鮮鋭度を得ることができた。

【0137】(5) この結果、カード型のデジタルカラーカメラに好適な薄型の撮像装置を実現することができた。カードの厚み方向に撮影光軸を設定できるので、カラー液晶モニタ4の視認方向やファインダー接眼窓11の観察方向と撮影光軸とを一致させることができ、カメラの操作性上たいへん好ましい。

【0138】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、簡単な構成で短い光路長の撮像光学系を用いて、鮮鋭度の高いカラー画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】撮像系の断面図である。

【図2】固体撮像素子の正面図である。

【図3】絞りの平面図である。

【図4】光学フィルターの形成範囲を表す図である。

【図5】撮影レンズを光射出側から見た図である。

【図6】光学フィルターの分光透過率特性を表す図である。

【図7】色純度補正フィルタの分光透過率特性を表す図である。

【図8】フォトクロミックガラスの分光透過率特性を表す図である。

【図9】透過率分布型フィルターの透過率分布を表す図である。

【図10】撮影レンズのOTF特性を表す図である。

【図11】点像の輝度分布を表す図である。

【図12】レンズ部の間隔設定を説明するための図である。

【図13】無限遠物体の像の位置を説明するための図である。

【図14】信号処理系のブロック図である。

【図15】G画像用の撮像領域に対するR画素用の撮像領域とB画素用の撮像領域の位置関係を示す図である。

【図16】補間処理の説明図である。

【図17】デジタルカラーカメラの正面図である。

【図18】デジタルカラーカメラの裏面図である。

【図19】図18の矢印Aの位置での断面図である。

【図20】撮像系の詳細図である。

【図21】撮影レンズを光入射側から見た図である。

【図22】撮影レンズを光射出側から見た図である。

【図23】絞りの平面図である。

【図24】固体撮像素子の正面図である。

【図25】レンズ部の間隔設定を説明するための図である。

【図26】無限遠物体の像の位置を説明するための図である。

【図27】第3の実施形態における撮像系の断面図である。

【図28】第3の実施形態における固体撮像素子の正面図である。

【図29】マイクロレンズの作用説明図である。

【符号の説明】

1 カメラ本体

51a, 51b, 51c イメージサークル

52a, 52b, 52c 撮影レンズ上に形成された光学フィルター

53a, 53b, 53c 固体撮像素子上に形成された光学フィルター

54a, 54b, 54c 透過率分布型フィルター

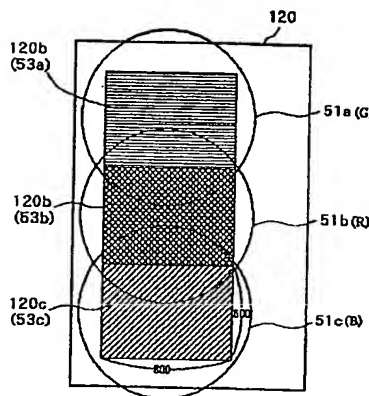
100 撮影レンズ

100a, 100b, 100c 撮影レンズのレンズ部

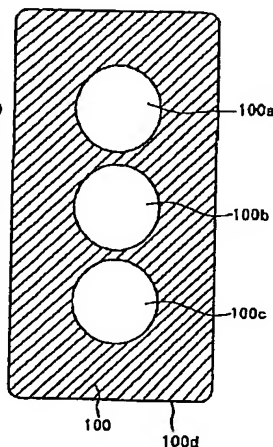
110 絞り

120 固体撮像素子

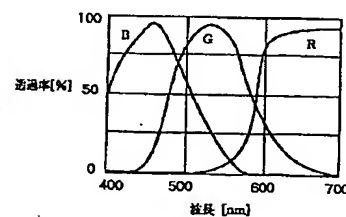
【図2】



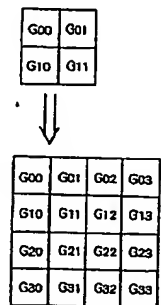
【図5】



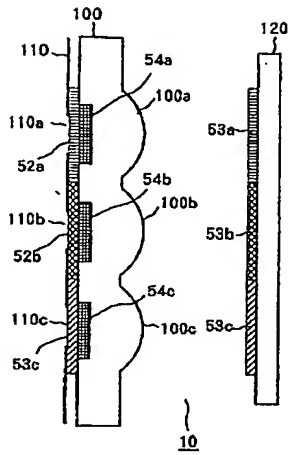
【図6】



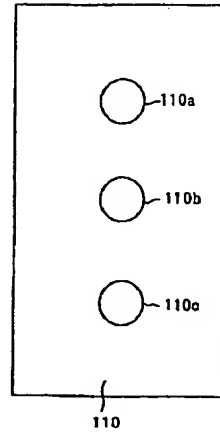
【図16】



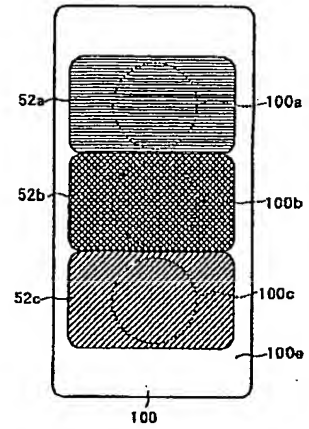
【図1】



【図3】

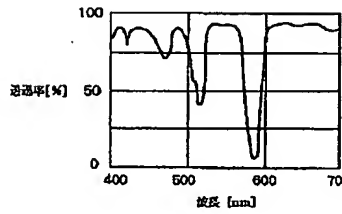


【図4】

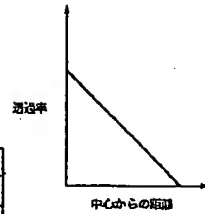
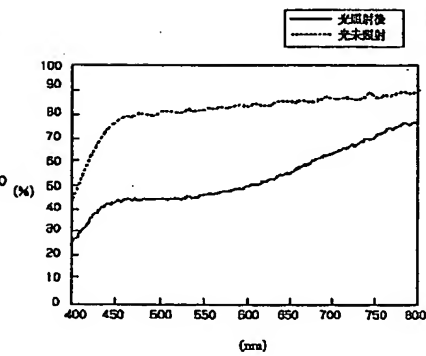


【図9】

【図7】

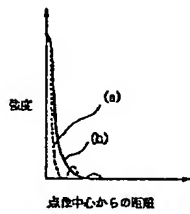


【図8】

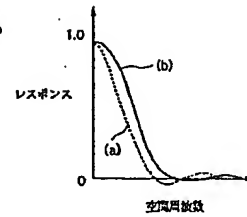


【図10】

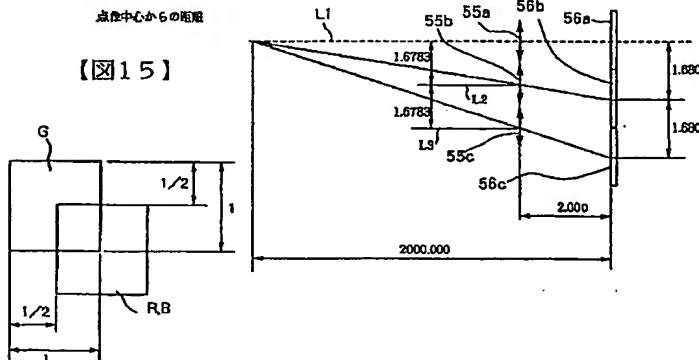
【図11】



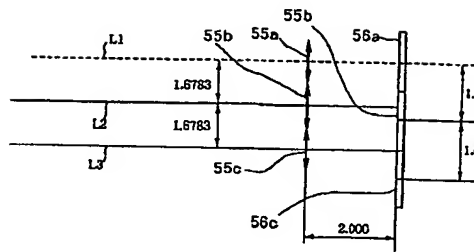
【図12】



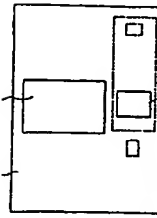
【図15】



【図13】



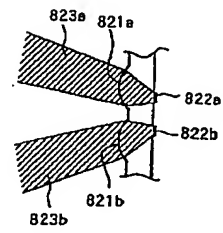
【図17】



【図19】

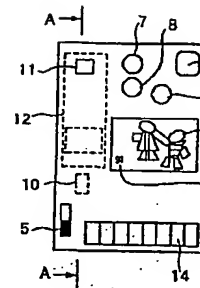
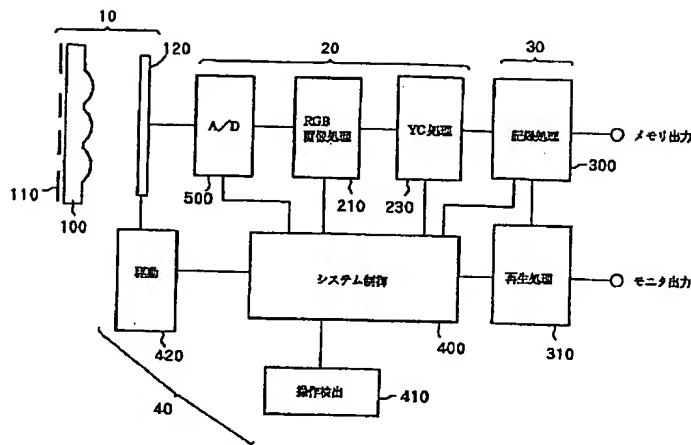


【図29】

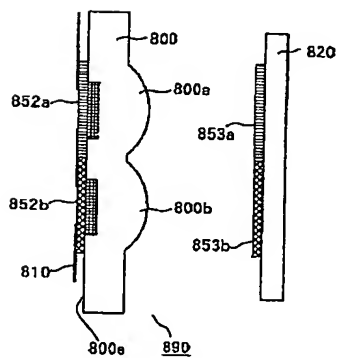


【図18】

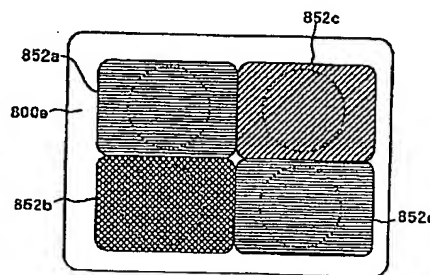
【図14】



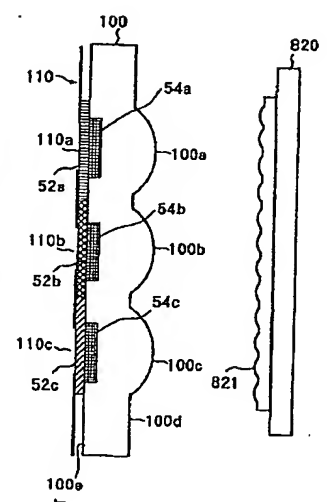
【図20】



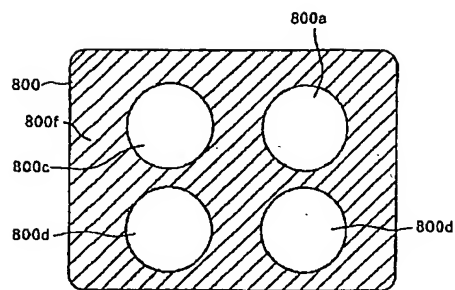
【図21】



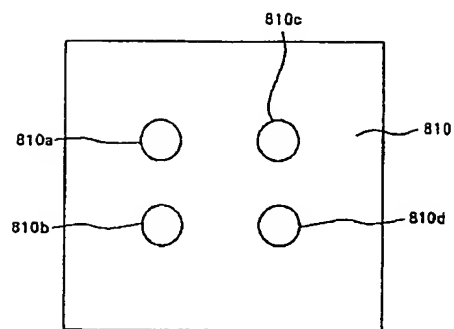
【図27】



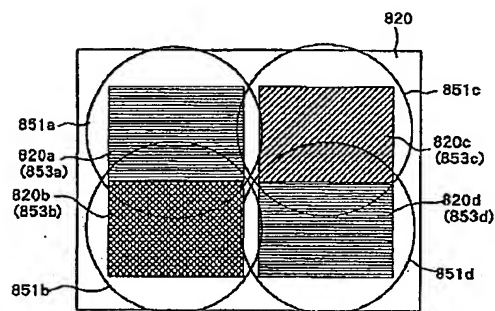
【図22】



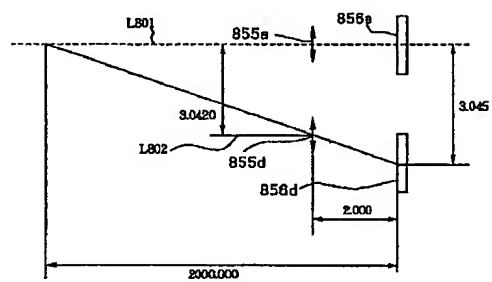
【図23】



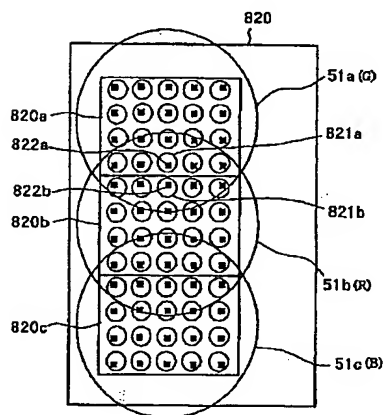
【図24】



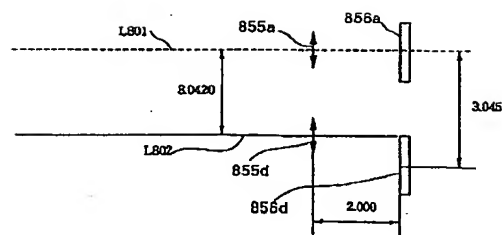
【図25】



【図28】



【図26】



This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.